

Спутниковые методы измерений

Лекция 2

План лекции

- 1. Системы координат в спутниковой геодезии.
- 2. Проектирование и построение спутниковых геодезических сетей.
- 3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

1. Системы координат в спутниковой геодезии

Измеряемые величины в геодезии:

- - длины линий (расстояния),
- -угловые величины - вертикальные углы (зенитные расстояния) и горизонтальные углы между направлениями,
- -время,
- -ускорение силы тяжести.

Конечный результат геодезических измерений - вычисленные координаты точек земной поверхности или местоположение точек (позиционирование).

Следовательно, геодезические измерения – исходный материал для математического описания физической поверхности Земли в единой системе координат

1. Системы координат в спутниковой геодезии

Координаты, расстояния, азимуты и дирекционные углы, горизонтальные углы и горизонтальные направления, аномалии силы тяжести, отклонения отвесных линий, высоты квазигеоида над эллипсоидом - **геодезические данные.**

Все геодезические данные связаны с положениями конкретных точек в пространстве и на поверхности Земли.

1. Системы координат в спутниковой геодезии

В геодезии используются **геодезические, общеземные (геоцентрические) и референцные** системы координат.

В практической геодезии широко используются **математические системы пространственных прямоугольных координат X, Y, Z , геодезических координат B, L, H .**

Используются **плоские прямоугольные координаты x, y .**

1. Системы координат в спутниковой геодезии

Геодезические общеземные системы координат

основываются на следующих положениях:

- начало математической системы пространственных прямоугольных координат расположено в центре масс Земли;
- ось Z параллельна направлению на Международное условное начало;
- плоскость XOZ параллельна плоскости начального астрономического меридиана.

1. Системы координат в спутниковой геодезии

К общеземным (геоцентрическим) системам координат относятся:

- **World Geodetic System (WGS-84)** – Мировая геодезическая система координат – система геодезических параметров, разработанная в США;
- **государственная геоцентрическая система координат «Параметры Земли 1990 года» (ПЗ-90)** – система геодезических параметров, разработанная в РФ;
- **геоцентрическая система координат «Параметры Земли 1990 года. Уточненная версия» (ПЗ-90.02)** – система геодезических параметров, разработанная в РФ;

1. Системы координат в спутниковой геодезии

Референцные геодезические системы координат основаны на двух последних положениях **геодезических общеземных координат**.

Начало математической системы пространственных прямоугольных координат в них **не совмещают с центром масс Земли**.

1. Системы координат в спутниковой геодезии

Референцными системами являются:

- государственная система геодезических координат 1942 года (СК-42), разработанная в СССР;
- государственная система геодезических координат 1995 года (СК-95), разработанная в РФ;
- национальные системы геодезических координат иных государств (СК-63).

1. Системы координат в спутниковой геодезии

В геодезических системах координат эллипсоиды ориентируются относительно математической системы пространственных прямоугольных координат следующим образом:

- **центр эллипсоида совмещается с началом математической системы пространственных прямоугольных координат;**
- **малая ось эллипсоида совпадает с осью Z;**
- **плоскость начального (нулевого) геодезического меридиана совпадает с плоскостью XOZ.**

1. Системы координат в спутниковой геодезии

При спутниковых измерениях используются **две системы координат**, одна из которых жёстко связана с Землёй (**земная или геодезическая система координат**), а другая связана с окружающим пространством (**звёздная**).

1. Системы координат в спутниковой геодезии

Движение спутников по орбитам описывается законами механики, и **параметры орбиты спутника (эфемериды)**, определяются **в небесных координатах**, которые более строго соответствуют инерциальной отсчётной системе. Следовательно, между небесными координатами спутников и геодезическими координатами точек земной поверхности должна быть известна связь с достаточно высокой точностью.

1. Системы координат в спутниковой геодезии

В геодезических работах **обязательно учитываются различия между геодезическими и астрономическими координатами**, обусловленные влиянием выбора размеров и ориентировки референц-эллипсоида и отклонениями отвесных линий.

Астрономо-геодезическое отклонение отвесной линии (в геометрическом определении) – угол между направлениями отвесной линии и нормали к референц-эллипсоиду

1. Системы координат в спутниковой геодезии

Составляющие астрономо-геодезического уклонения в плоскости меридиана ξ и в плоскости первого вертикала η определяются из сравнения геодезических B , L и астрономических φ , λ координат:

$$\begin{aligned}\xi &= \varphi - B, \\ \eta &= (\lambda - L) \cos B.\end{aligned}$$

1. Системы координат в спутниковой геодезии

Разность геодезического A_G и астрономического азимутов $\alpha_{АСТР}$ некоторого направления в данной точке определяется из выражения:

$$A_G = \alpha_{АСТР} - (\lambda - B) \sin \varphi + \frac{\eta \cos A_G - \xi \sin A_G}{\operatorname{tg} z}$$

где z – зенитное расстояние направления в данной точке.

1. Системы координат в спутниковой геодезии

Полное уклонение отвесной линии (в физическом определении) u – это угол между касательными к силовым линиям реального и нормального полей силы тяжести, то есть угол между направлением действительной силой тяжести g и направлением нормальной силы тяжести γ в исследуемой точке.

1. Системы координат в спутниковой геодезии

Составляющая уклонения отвесной линии в плоскости меридиана ξ (в физическом определении) – угол между касательной к силовой линии нормального поля и проекцией силовой линии реального поля силы тяжести на меридиональную плоскость

1. Системы координат в спутниковой геодезии

Геодезические системы отсчета (*Reference Systems*) устанавливают параметры, определяющие фигуру, размеры, гравитационное поле Земли и закрепляют гринвичскую геоцентрическую прямоугольную систему координат.

Важнейшие параметры Земли: fM_z - произведение гравитационной постоянной на массу;

ω_z - угловая скорость вращения;

a – экваториальный радиус;

e - сжатие;

c - скорость света в вакууме.

1. Системы координат в спутниковой геодезии

Физические параметры Земли

Параметр	Значение
fM_3	$398\,600,44 \cdot 10^9 \text{ м}^3/\text{с}^2$
w_3	$729\,2115 \cdot 10^{-11} \text{ рад/с}$
c	$299\,792\,458 \text{ м/с}$

1. Системы координат в спутниковой геодезии

Общепризнанными (международными) системами отсчета являются **IERS** (International Earth Rotation Service), ее европейская подсистема **ETRS** (European Terrestrial Reference System), система **GRS-80** (Geodetic Reference System, 1980), параметры которой служат основой для ряда других систем Европы, Австралии и Америки.

В России без интеграции с западными странами создана система Параметры Земли 1990 г. – **ПЗ-90**

1. Системы координат в спутниковой геодезии

Поверхность и полюса Земли подвержены геодинамическим процессам: ось суточного вращения движется в теле Земли и перемещается относительно небесных тел.

Поэтому координатная **ось Z**, как рекомендовано Международной службой вращения Земли IERS (International Earth Rotation Service), направлена на точку Условного земного полюса (СТР – Conventional Terrestrial Pole), соответствующего среднему полюсу за 1900-1905 гг., исправленному на нутацию; **ось X** находится в плоскости меридиана Гринвича, при этом оси X и Y лежат в плоскости экватора и образуют правую систему координат.

1. Системы координат в спутниковой геодезии

Начало координатной системы расположено в центре масс Земли. Составной частью координатных систем являются опорные геодезические сети (Reference Frame). Они фиксируют положение координатной системы в теле Земли. Различия разных общеземных координатных систем обусловлены именно особенностями построения и обработки геодезических сетей.

1. Системы координат в спутниковой геодезии

В IERS новейшими методами космической геодезии установлена сеть станций ITRF (IERS Terrestrial Reference Frame). Сети закрепляют начало координат в центре масс Земли с точностью до 10 см, ориентируют ось Z на Условный земной полюс с погрешностью в сотых долях угловой секунды и устанавливают ось X в плоскости меридиана Гринвича до тысячных долей секунды.

1. Системы координат в спутниковой геодезии

Со временем геоцентрические координаты пунктов опорных сетей вследствие непрерывного их совершенствования и геодинамических процессов изменяются. Эти изменения могут достигать 1-2 см в год. Поэтому каталоги координат обновляют и указывают их эпоху, например, ITRF-89, ITRF-94 и т.д.

1. Системы координат в спутниковой геодезии

В 1987 г. Международной ассоциацией геодезии создана подкомиссия для установления европейской системы параметров **ETRS** (European Terrestrial Reference System). Системе ETRS принадлежат опорные сети EUREF (European Reference Frame), объединяющие в единую систему геодезические сети стран Европы. Вначале эти сети состояли из 35 пунктов, определенных современными методами космической геодезии.

К 1989 г. сеть EUREF-89 уже содержала 93 пункта. Развитие геодезических сетей EUREF продолжается.

1. Системы координат в спутниковой геодезии

К общеземным относится установленная ранее система **GRS-80** (Geodetic Reference System, 1980), параметры которой послужили основой ряда других координатных систем Европы, Австралии и Америки.

В настоящее время в связи с широким применением спутниковых систем позиционирования в мире получила распространение координатная система **WGS-84** (World Geodetic System, 1984).

Она реализует координаты типа **ITRF**. Начало координат этой системы зафиксировано в центре масс Земли с точностью около 1 м. Ее физические параметры практически соответствуют параметрам системы **GRS-**

1. Системы координат в спутниковой геодезии

России без интеграции с западными странами создана система **ПЗ-90** (Параметры Земли 1990 г.). Система ПЗ-90 закреплена координатами трех десятков опорных пунктов Космической геодезической сети России, при этом 7 пунктов установлены в Антарктиде. Погрешность взаимного положения пунктов при расстояниях между ними до 10 000 км менее 30 см. Начало координат совмещено с центром масс Земли с точностью около 1 м

2. Проектирование и построение спутниковых геодезических сетей.

Выполнение работ по созданию СГС-1, включает:

- предпроектное обследование геодезических пунктов и реперов;
- проектирование;
- восстановление и рекогносцировку геодезических пунктов и реперов;
- закрепление на местности геодезических пунктов;
- производство спутниковых измерений;

2. Проектирование и построение спутниковых геодезических сетей.

- привязку СГС-1 к ФАГС и ВГС;
- привязку СГС-1 к пунктам АГС;
- привязку СГС-1 к реперам главной высотной основы;
- предварительную обработку спутниковых измерений;
- контроль и приемку полевых работ.

2. Проектирование и построение спутниковых геодезических сетей.

- СГС-1 должна строиться **методами спутниковых определений**, в значительной степени отличающимися от традиционных геодезических построений, в связи с чем следует учитывать следующие основные особенности проектирования, организации и проведения работ, базирующихся на использовании спутниковых технологий:

2. Проектирование и построение спутниковых геодезических сетей.

- нестандартные требования к выбору мест расположения геодезических пунктов, на которых прежде всего должны обеспечиваться благоприятные условия наблюдения навигационных спутников;
- отсутствие требований к обеспечению взаимной видимости между геодезическими пунктами и к созданию правильных геометрических фигур в конфигурации геодезических сетей;

2. Проектирование и построение спутниковых геодезических сетей.

- специфические требования к конструкции центров геодезических пунктов, обусловленные возможностями получать как плановые, так и высотные координаты из спутниковых измерений.

В связи этим должна быть обеспечена устойчивость центров по всем трем координатным направлениям;

- необходимость учета факторов, которые могут приводить к нарушению нормального приема радиосигналов от навигационных спутников;

2. Проектирование и построение спутниковых геодезических сетей.

- необходимость организации и проведения наблюдений на геодезических пунктах с одновременной работой всех приемников, участвующих в одном сеансе наблюдений;
- наличие телекоммуникационных каналов двухсторонней связи и передачи информации;
- обеспечение легкого доступа к пунктам наблюдений, удобства расположения аппаратуры на пункте, необходимой точности центрирования антенного блока и надежности его закрепления, обеспечения непрерывности электропитания.

2. Проектирование и построение спутниковых геодезических сетей.

Результаты спутниковых определений, полученные в процессе создания СГС-1, подлежат математической обработке.

Математическая обработка должна выполняться в три этапа:

- первичная обработка спутниковых определений, производимая в приемнике;
- предварительная обработка спутниковых определений, производимая после окончания измерений;
- окончательная обработка спутниковых определений, включая уравнивание сетей с каталогизацией геодезических пунктов и ведением банка данных.

2. Проектирование и построение спутниковых геодезических сетей.

Проектирование СГС-1 на основе применения спутниковых радионавигационных систем включает:

- **техническое проектирование;**
- **рабочее проектирование.**

2. Проектирование и построение спутниковых геодезических сетей.

Основная задача технического проектирования СГС-1 - оптимальное расположение геодезических пунктов на местности - минимальная стоимость работ с условием обеспечения необходимой точности сети, ее плотности, однородности, правильной геометрии, сохранения геодезических пунктов в течение длительного времени.

2. Проектирование и построение спутниковых геодезических сетей.

С целью удовлетворения высоких требований, предъявляемых к пунктам СГС-1 по долговременной сохранности и стабильности центров, и с учетом назначения сетей для геодезического изучения геодинамических природных и техногенных явлений на территории республики должны быть собраны, проанализированы и получены данные, характеризующие объект работ:

- в физико-географическом и геологическом отношении;
- о современных вертикальных движениях земной коры;
- о современной тектонической активности и сейсмической опасности.

2. Проектирование и построение спутниковых геодезических сетей.

- **Результаты геодезической изученности следует отобразить в виде текста и на следующих схемах в указанных масштабах:**

- существующего планового обоснования – в масштабе 1: 200 000;
- расположения пунктов геодезических сетей специального назначения (ВОГАС, Дуги Струве и др.);
- существующего и проектного высотного обоснования – в масштабе 1: 200 000;
- существующих и проектируемых пунктов гравиметрической сети.

2. Проектирование и построение спутниковых геодезических сетей.

На схемах должны быть отображены:

- существующие пункты ФАГС и ВГС;
- пункты СГС-1, расположенные на смежных объектах;
- проектируемые пункты СГС-1 и пункты-спутники;
- пункты АГС;
- пункты образцовых эталонных базисов;
- вековые, фундаментальные и грунтовые нивелирные реперы;

2. Проектирование и построение спутниковых геодезических сетей.

- пункты ВОГАС;
- пункты Дуги Струве;
- гравиметрические пункты;
- астрономические пункты;
- направления на пункты ФАГС и ВГС;
- связи с пунктами АГС и реперами нивелирования;
- принятые для схемы условные обозначения.

2. Проектирование и построение спутниковых геодезических сетей.

Схема проектируемой сети составляется в масштабе 1: 200 000 с использованием топографических карт.

Расстояние между пунктами СГС-1 устанавливается в соответствии с СТБ 1653.

На схеме должны быть показаны проектируемые пункты СГС-1, связи между ними и направления на пункты ФАГС и ВГС, связи с пунктами АГС и реперами, принятые для схемы условные обозначения.

2. Проектирование и построение спутниковых геодезических сетей.

При разработке схемы должны учитываться требования к выбору мест расположения проектируемых пунктов СГС-1:

- **отсутствие преград для наблюдений спутников: холмистые формы микрорельефа, залесенная или застроенная местность и др.;**

2. Проектирование и построение спутниковых геодезических сетей.

- отсутствие объектов, которые могут стать причиной многопутности распространения сигналов;
- отсутствие источников мощного радиоизлучения;
- отсутствие движущегося транспорта;
- наличие инфраструктуры, обеспечивающей каналы связи, электропитания, охрану и др.

2. Проектирование и построение спутниковых геодезических сетей.

- **Техническое проектирование работ по созданию СГС-1 ведется на основе данных по ранее выполненным работам и предпроектного обследования пунктов.**

В техническом проекте должны быть предусмотрены:

- технология выполнения работ;
- технико-экономические показатели проекта;
- внедрение новой техники и передовых технологий;
- потребность в кадрах инженерно-технических работников и рабочих;

2. Проектирование и построение спутниковых геодезических сетей.

- организационно-ликвидационные работы;
- мероприятия по охране труда;
- потребности в материалах, оборудовании и транспортных средствах;
- продолжительность выполнения работ с разделением по годам;
- предложения и мероприятия, содействующие успешному выполнению отдельных видов работ.

2. Проектирование и построение спутниковых геодезических сетей.

- **Проектирование СГС-1** следует осуществить в виде однородной по точности пространственной геодезической сети, состоящей из системы равномерно расположенных геодезических пунктов, расстояние между которыми устанавливается в соответствии с СТБ 1653.

2. Проектирование и построение спутниковых геодезических сетей.

- Пункты СГС-1 следует располагать по возможности в вершинах равносторонних треугольников. Отклонения от максимальной и минимальной длин сторон от средней должны быть минимальными.
- С целью обеспечения удобства подъезда к геодезическим пунктам в любое время года и снижения транспортных расходов пункты СГС-1 следует, по возможности, проектировать вдоль автомобильных дорог.

2. Проектирование и построение спутниковых геодезических сетей.

- Рабочий проект должен составляться перед выездом на полевые работы на основе технического проекта.
 - **Рабочий проект должен содержать:**
 - пояснительную записку;
 - схему сети;
 - копии карт с отображением пунктов запроектированной сети и оптимальных путей переездов между пунктами.

2. Проектирование и построение спутниковых геодезических сетей.

- К рабочему проекту прилагаются:
 - схема геодезической сети с нанесенными геодезическими пунктами и реперами сети, на которых запроектировано выполнение наблюдений, и векторами, подлежащими измерениям;
 - рабочая схема с нанесенными номерами бригад и приемников, с маршрутами переездов с пункта на пункт, местами встречи бригад для передачи информации;
 - рассчитанные графики или таблицы смены параметров PDOP для каждого пункта;
 - схема ходов нивелирования.

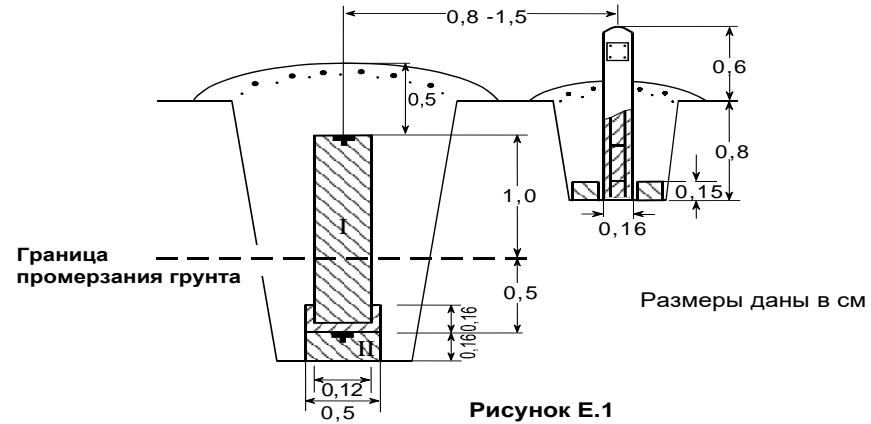
2. Проектирование и построение спутниковых геодезических сетей.

- Перед составлением технического проекта осуществляется **предпроектное обследование геодезических пунктов и реперов.**
- Полевые работы по обследованию и восстановлению геодезических, гравиметрических пунктов и реперов должны производиться на основании рабочего проекта, утвержденного главным инженером организации-исполнителя работ.
- **Закрепление на местности спутниковых геодезических сетей**

2. Проектирование и построение спутниковых геодезических сетей.

Внешнее оформление и центры геодезических пунктов

Наземный центр пункта СГС-1 и пункта-спутника ТИП 3 оп. знак



Внешнее оформление основного пункта СГС-1

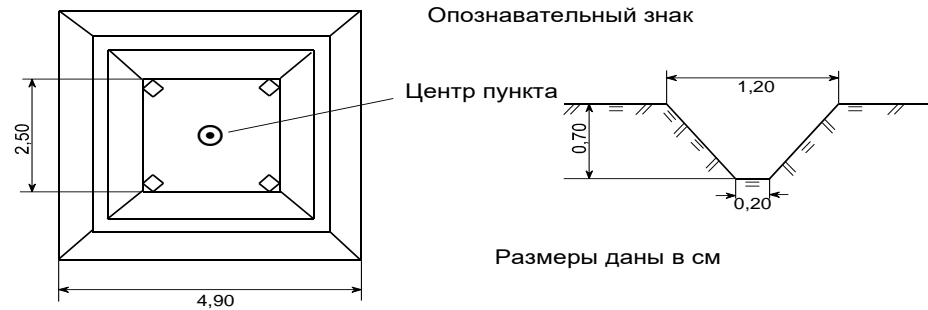


Рисунок Е.2

Внешнее оформление пункта-спутника

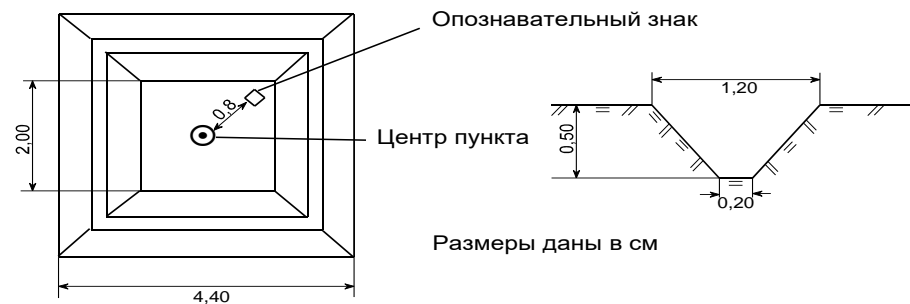


Рисунок Е.3

3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

- Для выполнения наблюдений на пунктах ФАГС и ВГС должны использоваться двухчастотные спутниковые приемники, принимающие сигналы спутников навигационных систем GPS и ГЛОНАСС. Предпочтение отдается совмещенной GPS/ГЛОНАСС аппаратуре.

3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

- **Спутниковые геодезические приемники, предназначенные для выполнения наблюдений на пунктах ФАГС и ВГС, должны удовлетворять следующим требованиям:**
- обеспечивать выполнение измерений на полной длине волны каждой из двух несущих частот независимо от используемого режима кодирования спутниковых сигналов;
- значение первого (постоянного) члена формулы средней квадратической погрешности, полученного по материалам геодезической сертификации аппаратуры, по абсолютной величине не должно превышать 5 мм;

3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

- иметь антенны с оснащенными отражающими плоскими или типа Choke Ring экранами;
- длина антенного кабеля не должна превышать допустимой длины, установленной для данного типа кабеля в технической документации на соответствующую аппаратуру; в иных случаях обязательно использование специальных линейных усилителей с характеристиками, согласованными с организацией-разработчиком аппаратуры.

3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

- К производству работ по наблюдениям на пунктах ФАГС и ВГС допускаются приемники, признанные по результатам аттестации на аттестованных метрологических полигонах по принятым типовым программам и методикам метрологической аттестации средств измерений пригодными к применению.

3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

- Спутниковая геодезическая аппаратура должна подвергаться операциям **первичной и периодической поверки**.
- При первичной и периодической поверке осуществляется:
 - внешний осмотр и опробование;
 - определение погрешности измерения расстояния путем измерения сторон метрологического полигона высокоточной спутниковой геодезической сети в статическом режиме;
 - определение погрешности измерения приращений координат метрологического полигона высокоточной спутниковой геодезической сети в статическом режиме.

3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

- Для построения СГС-1 используется статический метод относительных спутниковых наблюдений с применением двухчастотных приемников.
- Спутниковые наблюдения на пунктах СГС-1 выполняются сетевым методом.
- Наблюдения должны выполняться путем одновременного использования максимально имеющегося, но не менее чем 5 – 8 приемников и антенн на пунктах, формируя замкнутые геометрические фигуры.
- При каждой расстановке приемников наблюдаемые геодезические пункты должны образовывать по возможности компактную группу близкорасположенных пунктов.

3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

- С целью повышения точности проектируемой сети, обеспечения ее надежной связи с АГС следует осуществлять привязку части совмещаемых с АГС пунктов СГС-1 к пунктам ФАГС и ВГС.
- Проектируемые к привязке пункты СГС-1 следует располагать на расстоянии около 100 км друг от друга примерно равномерно по территории республики, а также по границам объектов работ (фрагментов СГС-1).

3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

- **Подготовка оборудования к работе и хранению**

Перед выездом на пункты наблюдений необходимо проверить:

- комплектность каждой станции,
- наличие карт памяти,
- рулеток с метрической и дюймовой шкалой,
- работоспособность отдельных компонентов станции,
- совместимость оборудования с персональными компьютерами.

3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

- В память блока управления должны быть записаны единые для всех станций рабочие установки (параметры наблюдений):
 - режим наблюдений;
 - маска по углу возвышения;
 - параметры сбора данных;
 - частота регистрации данных.

3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

- **Установка приемников на пунктах:**
 - распаковка станции;
 - проверка визуально целостности кабелей и штекеров;
 - проверка емкости аккумулятора и записывающего устройства;
 - установка центрировочного приспособления;
 - установка антенного блока, который может иметь самостоятельную конструкцию или быть совмещенным с приемником;
 - установка регистрирующего устройства, которое может иметь самостоятельную конструкцию или быть совмещено с приемником;
 - выполнение необходимых соединений компонентов станции.
- **Высота антенны над центром пункта должна измеряться дважды: до и после завершения сеанса наблюдений, с погрешностью не более 1 мм.**

3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

Спутниковые наблюдения на пунктах СГС-1

Наблюдения на пунктах СГС-1 должны начинаться, прерываться и заканчиваться строго в установленное графиком время.

При проведении полевых спутниковых измерений на пунктах СГС-1 должны соблюдаться основные требования, указанные в таблице

3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

Требования к полевым измерениям	Сеть СГС-1
Применение двухчастотных спутниковых приемников	да
Продолжительность непрерывных наблюдений	Два сеанса по 4 – 6 часов
Минимальное число одновременно наблюдаемых спутников	5
Интервал регистрации спутниковых измерений, секунд	15 или 30
Минимальное число квадрантов расположения наблюдаемых спутников	3
Минимальный угол возвышения спутников над горизонтом, градусов	10
Проведение дополнительных контрольных повторных измерений векторов базовых линий	Не менее 15 %
Число повторных измерений высоты антенны перед началом и в конце сеанса, не менее	2
Число независимых центрирований антенны на пункте (при отсутствии возможности принудительного центрирования)	2

3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

Технические характеристики двухчастотных приемников, рекомендуемых для построения СГС-1

Модель	Точность в статическом режиме	Количество каналов	Рабочий диапазон температур, t ⁰ C	Вес приемника, кг
LEICA SR399	5 mm + 1 ppm	9	–	2.3
LEICA SR9500	5 mm + 1 ppm	9	–	2.3
LEICA SR530	5 mm + 2 ppm	24	–	2.3
LEICA SR520	3 mm + 0.5 ppm	24	–	2.3
TRIMBLE 4000SSi	5 mm + 1 ppm	9	– 20 до + 55	3.1
TRIMBLE 4700	5 mm + 1 ppm	9	– 40 до + 65	1.8
TRIMBLE 4800	5 mm + 1 ppm	9	– 40 до + 65	1.8
SOKKIA GSR2100	5 mm + 1 ppm	12	– 20 до + 55	1.7
SOKKIAGSR2200	5 mm + 1 ppm	12	– 20 до + 55	1.7
SOKKIAGSR2300	5 mm + 1 ppm	12	– 20 до + 55	1.7
TOPCON GB-500	3 mm + 0,5 ppm	20	– 20 до + 55	2.2
TOPCON GB-1000	3 mm + 0,5 ppm	20	– 20 до + 55	2.2
ASHTech Z-12	5 mm + 1 ppm	12	– 20 до + 55	2.2
JAVAD Odyssey	3 mm + 1 ppm	20	– 40 до + 55	1.7
JAVAD Regency	3 mm + 1 ppm	20	– 40 до + 55	3.6
JAVAD Legacy	3 mm + 1 ppm	20	– 40 до + 55	0.7

3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

Перед началом наблюдений на пункте спутниковой сети необходимо:

- убедиться, что горизонт вокруг пункта на соответствующий угол открыт, и препятствия для приема сигналов навигационных спутников отсутствуют;
- с целью исключения эффектов многопутности убедиться, что автомобиль бригады был припаркован по возможности дальше от пункта, но не ближе 10 м;
- выполнить ориентирование антенны таким образом, чтобы специальная метка (стрелка) на ее поверхности была направлена на север;

3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

- осуществить горизонтирование антенны;
- выполнить центрирование антенны;
- выполнить повторное горизонтирование антенны;
- осуществить измерение высоты антенны над центром пункта;
- осуществить определение элементов центрирования антенны (до и после наблюдений), если антенна установлена не над центром пункта.

3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

Порядок при выполнении спутниковых определений:

- включение приемника;
- создание статического режима измерений (ввод необходимых данных в приемник и загрузка программы наблюдений);
- сбор данных альманаха при необходимости;
- ввод названия пункта, высоты инструмента и др.;
- проведение инициализации (захвата спутников приемником);
- проверка величины коэффициента понижения точности в положении пункта (PDOP), значение которого должна быть меньше 6 единиц;

3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

- начало регистрации спутниковых сигналов;
- после истечения времени наблюдений прекращение регистрации спутниковых сигналов и проведение записи данных;
- проверка записи данных;
- выключение приемника;
- извещение руководителя работ о завершении наблюдений.

3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

- В процессе работы на пункте оператор должен заполнять журнал наблюдений, в который обязательно вносятся следующие данные:
- название пункта сети и его условное обозначение, внесенное в регистрационный файл;
- фамилия и инициалы оператора;
- серийные номера основных блоков приемника;
- высота антенны над центром пункта и ее эксцентриситет;
- номер марки центра пункта;

3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

- моменты начала и окончания сеанса наблюдений;
- элементы центрирования антенны;
- приближенные координаты пункта;
- возникавшие проблемы и отклонения в регистрации сигналов, информация о которых может быть полезной при камеральной обработке измерений.

3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

По результатам производства полевых наблюдений необходимо составить краткий технический отчет с приложением следующих материалов:

- схема сети или ее фрагмента;
- журналы наблюдений;
- оттиски марок центров;
- зарисовки или фотографии установки антенн;

3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

- результаты предварительной обработки в форматах представления данных, принятых в соответствующих типовых пакетах программ;
- необработанные («сырые») спутниковые наблюдения на магнитных носителях;
- листы центрировок;
- замечания, касающиеся проведения наблюдений, которые могут оказаться полезными в процессе камеральной обработки результатов измерений.

3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

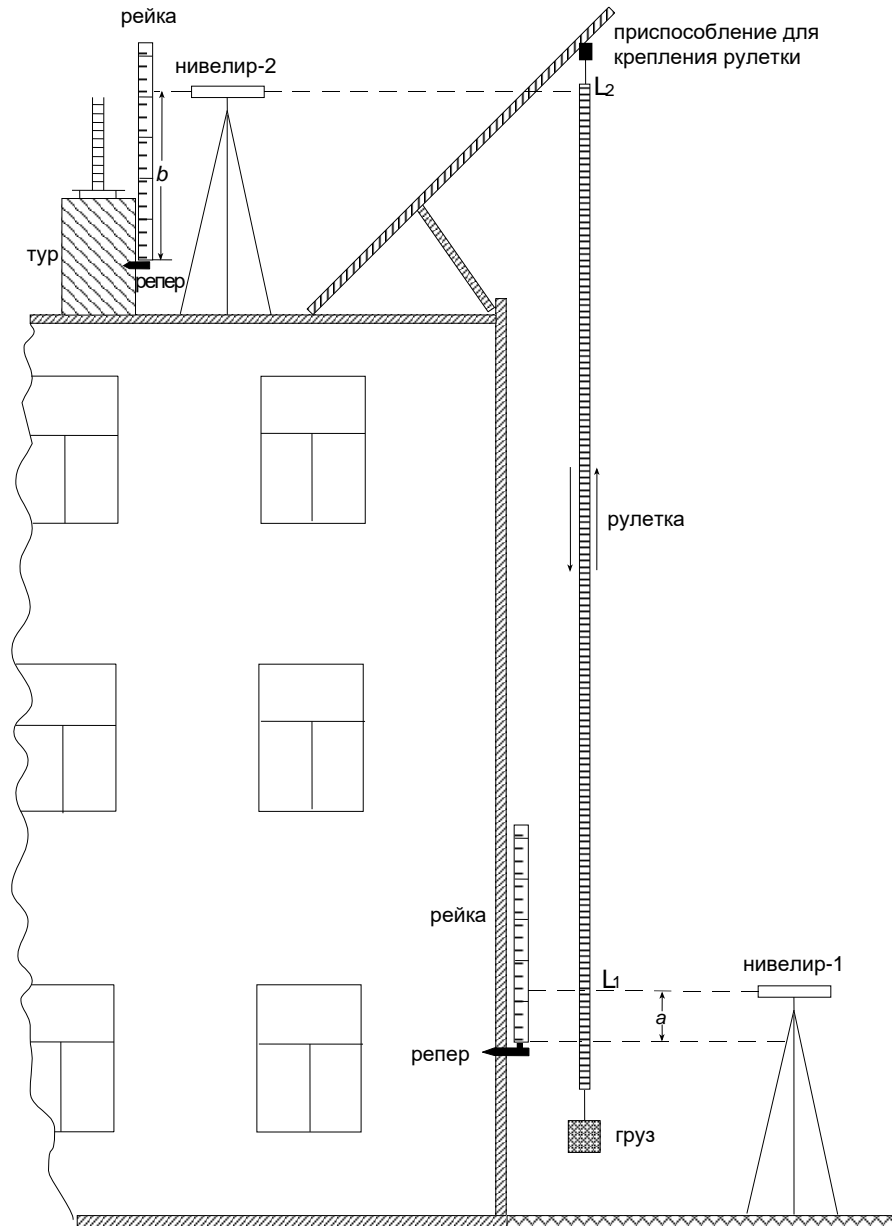
- Привязка пунктов СГС-1 к пунктам АГС и реперам нивелирования
- *Привязка пунктов СГС-1 к реперам нивелирования*

На пунктах, рабочие центры которых расположены на зданиях, нивелирование следует выполнять в следующей последовательности.

- Закладка двух стенных реперов в цоколях зданий.
- Проложение ходов нивелирования II класса до заложенных стенных реперов в цоколе здания.
- Передача высот от заложенных стенных реперов в цоколе здания на центры геодезических пунктов, расположенных на зданиях.
- Определение высот пунктов СГС-1, расположенных на зданиях, должно осуществляться по двум независимым вертикалям: вверх и вниз в соответствии со схемой, указанной ниже.

3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

Схема передачи высот на пункт, расположенный на здании



3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

Привязка пунктов СГС-1 к пунктам АГС

Привязка СГС-1 к АГС должна осуществляться путем включения пунктов АГС в СГС-1 не реже чем через 50 – 70 км. Методика и точность привязки пунктов СГС-1 к пунктам АГС устанавливается в соответствии с СТБ 1653 и осуществляется статическим спутниковым методом относительных определений не менее как двумя сеансами наблюдений. Продолжительность наблюдений в зависимости от расстояния привязки должна соответствовать требованиям, указанным в таблице

3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

Расстояние привязки, км	Наименьшая продолжительность одного сеанса, час
До 1	1
1 – 5	1,5
5 – 10	2
Более 10	3

3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

- **Предварительная обработка результатов спутниковых наблюдений на пунктах СГС-1**
 - Предварительная обработка спутниковых наблюдений осуществляется с использованием программных средств организации-разработчика спутниковой геодезической аппаратуры, с помощью которой выполнены измерения.
 - Предварительная обработка спутниковых наблюдений должна выполняться на полевой базе отдела, партии, бригады до их выезда из района работ.

3. Геодезическое спутниковое оборудование и полевые работы.

Основные функции предварительной обработки наблюдений:

- преобразование измерительной информации в RINEX – формат;
- редактирование, сжатие и восстановление файлов, созданных в RINEX – формате;
- вычисление в каждой расстановке приемников всех возможных базовых линий между пунктами сети;
- исключение из обработки наблюдений отдельных спутников либо интервалов наблюдений всех или нескольких спутников с низким качеством регистрации сигналов (многочисленные перерывы в наблюдениях и др.)
- **Контроль и приемка работ по созданию СГС-1.**

- СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!